

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-182751

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

A61B 8/06

(21)Application number : 08-340304

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>

(22)Date of filing : 20.12.1996

(72)Inventor : BISSON JANICE
SCHEFFLER LOIS

(30)Priority

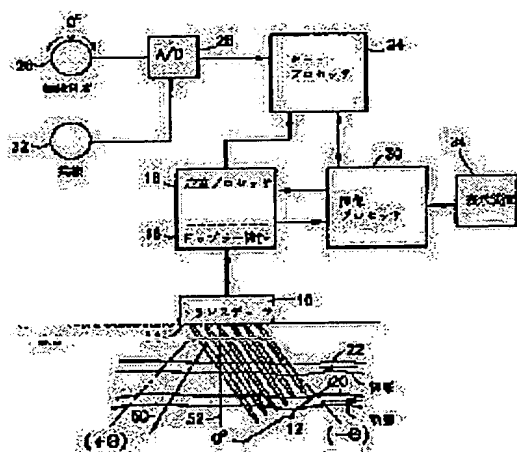
Priority number : 95 576653 Priority date : 21.12.1995 Priority country : US

(54) ULTRASONIC IMAGE PROCESSING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to view a same color corresponding to a vein and artery irrespective of flow direction to a transducer, by enabling automatically changing color map assignment corresponding to a change of the beam direction to pass through a intermediate azimuth.

SOLUTION: This ultrasonic image processing system is equipped with a linear array transducer 10 to generate plural parallel beams 12 changeable in a direction angle from an irradiating face 14 by operation of an operation angle knob 26. The transducer 10 is controlled by a scan processor 16 including a Doppler function 18 to form a Doppler image of blood flow in an artery 20 or a vein 22 corresponding to input from a key processor 24. An image processor 30 controls color mapping to be assigned by a beam 12 according to the movement amount of the parallel beam 12, and changes the position in a color bar displayed on a display 34 corresponding to input from a base line knob 32.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.12.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-182751

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl.⁴

A 6 1 B 8/06

識別記号

庁内整理番号

F I

A 6 1 B 8/06

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-340304

(22) 出願日 平成8年(1996)12月20日

(31) 優先権主張番号 576, 653

(32) 優先日 1995年12月21日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ジェニス・パイソン

アメリカ合衆国01844マサチューセッツ州
メセン、セントラル・ストリート 9、ナ
ンバー 4

(72) 発明者 ロイス・シェフラー

アメリカ合衆国03038ニューハンプシャー
州デリー、コヴェントリー・レーン 3

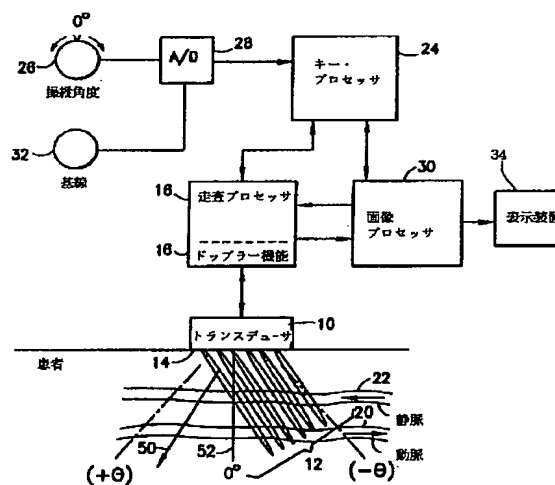
(74) 代理人 弁理士 岡田 次生

(54) 【発明の名称】 超音波画像処理システム

(57) 【要約】

【課題】超音波カラー・フロー画像処理システムにおいて、フローの反転に応答して、表示画面のカラー・マップ割り当ての反転およびカラー・バー基線の位置調整を自動的に実行する装置を提供する。

【解決手段】本装置は、超音波画像表示手段、放射面から延びる中間方位角度の両側に操縦可能な超音波ビームを放射するトランスデューサ手段、トランスデューサ手段に対してビーム放射角度を変更させる操縦信号を与えるユーザ入力手段、および、表示手段を制御してトランスデューサ手段方向へ向かうフローに第1の属性を与え、トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第2の属性を与えそれぞれの画像を表示させ、中間方位角度をまたいで放射ビームを移動させる操縦信号にตอบสนองして、上記表示属性およびカラー・バー表示属性を自動的に反転させ、カラー・バー基線の位置を調節するプロセッサ手段を備える。



(2)

特開平 9-182751

【特許請求の範囲】

【請求項 1】超音波画像を表示する表示手段と、放射面から延びる中間方位角度に対して正と負の放射角度の間で操縦可能な超音波ビームを放射するトランスデューサ手段と、上記トランスデューサ手段に対して上記超音波の放射角度を変更させる操縦信号を与えるユーザ入力手段と、上記表示手段を制御して、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに第 1 の属性を与えてその画像を表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第 2 の属性を与えてその画像を表示させるプロセッサ手段と、を備え、上記プロセッサ手段が、上記操縦信号に応答して、上記超音波ビームを上記中間方位角度の片側から上記中間方位角度の別の側へ移動させ、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに上記第 2 の属性を与えてその画像を自動的に表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第 1 の属性を与えてその画像を自動的に表示させる、超音波画像処理システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波フロー装置に関するもので、特に、超音波ビーム方向の変化に従って表示のカラー・マッピングを自動的に変更する超音波カラー・フロー装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】超音波カラー・フロー画像形成は、医師が静脈および動脈両方の血液のフロー（すなわち流れ）を見ることを可能にする様式として広く使用されている。多くのドップラー超音波システムは、単一アセンブリに配列された多数の小さな個々のトランスデューサ・エレメントから構成される線形アレイ・トランスデューサを使用する。2次元画像が順次線形アレイ走査機構において生成される。（例えば B モード表示装置のような）最終表示装置の各走査線に関して、アレイ・エレメントの各々（あるいはエレメント・グループ）から超音波信号を発信し、エコー情報を受け取ることによって、直交座標（あるいは平行四辺形）画像形式の画像形成シーケンスが作成される。

【0003】画像を作成するため、第 1 のグループのエレメントから順次一定のパルスで超音波信号が送られ、超音波波形からのエコーが受け取られ、表示装置における最上部 B モード走査線の抽出が可能にされる。送受信動作の完了と共に、第 2 のグループのエレメントから一定のパルスで超音波信号が送られ、受け取られるエコーによって表示装置における第 2 行目の B モード走査線が作成される。このような連続動作が、最後のエレメント・グループの超音波信号によって最下行の走査線が作成

されるまで、続行される。このようなアレイの電子走査の結果として、リアル・タイムにフローを造影する非常に高速のフレーム伝送率が可能となる。

【0004】線形アレイを使う従来技術のドップラー・システムには、放射されるビーム・アレイの送出の方向を変えるための手段としてユーザ操作の制御手段が含まれる。そのような制御機構を使用して、ある区域の像が形成される方法と同様の方法で並列ビーム経路のすべてを変更することができる。従来技術のドップラー超音波システムは、また、ユーザが動脈または静脈のフローの方向を迅速に識別することを可能にするカラー割当てプロトコルを用いている。

【0005】従来技術のシステムにおけるカラー・マップ割当ては、造影されつつあるフローがトランスデューサ・アレイから遠ざかっているかまたはそれに近づいているかに基づいている。トランスデューサのビーム経路がフローをトランスデューサ・アレイから遠ざかる方向で造影するような向きである（すなわち“下流”方向である）場合、第 1 のカラーが割り当てられる。対照的に、トランスデューサのビーム経路がフローをトランスデューサ・アレイの方へ近づける向きである（すなわち“上流”方向である）場合、第 2 のカラーが割り当てられる。そのようなカラー・マップ機能の 1 つは、「赤離れ、青接近」または“red-away, blue-towards”の頭文字をとって「RABT」と呼ばれる。別のカラー・マップ機能は、「青離れ、赤接近」または“blue-away, red-towards”の頭文字をとって BART と呼ばれる。

【0006】ドップラー画像処理システムのユーザは、一般的に、動脈のフローに対して単一のカラー（例えば赤）を割り当て、静脈のフローに対して 1 つのカラー（例えば青）を割り当てることを好む。しかし、ユーザが線形アレイからの放射方向を変更する時、超音波ビーム方向は、例えば、下流方向から上流方向へ変わる。具体的には、線形アレイ・トランスデューサ超音波ビームが上流方向動脈フローを造影するように向けられるのであれば、その後のビームの方向変更が、ビームをトランスデューサの表面から延びる垂直線を通してさせるようなものであれば、超音波システムが RABT カラー・マップを利用するように設定されていると仮定すれば、ビーム方向の変更によって、動脈のフローのカラーは青から赤へ変更される。当業者にとって周知の通り、ドップラー・システムは、ドップラー周波数の変化の感知によってフローの方向を決定する。

【0007】しかしながら、トランスデューサから離れるにせよ近づくにせよ、ユーザは動脈フローを赤で造影し、静脈フローを青で造影することを好むことが知られている。この結果、いくつかのドップラー超音波システムは、カラー・マップ機能の反転を可能にするユーザ操作制御手段を備えている。この場合、ユーザは、ビーム方向の変更から生じるカラー変化を認識すると、マップ

(3)

特開平9-182751

ング反転制御手段を操作して、ビーム方向変化の前に有効であった状態にフロー・カラーを戻す。

【0008】また、従来技術のドップラー表示装置は、表示装置の片側に、トランスデューサから遠ざかる方向および近づく方向の両方に関して種々のフロー速度に割り当てられた複数のカラーを標示するカラー・バーを備えている。トランスデューサの方へ向かうフローに割り当てられるカラーはしばしばカラー・バーの上方部分に表示され、トランスデューサから遠ざかるフローに割り当てられるカラーはカラー・バーの下方部分に表示され、2つのカラー領域は基線で分離される。そのようなシステムは、また、1つの方向におけるフローの速度を、別の方向におけるフローの速度と比較して造影するため、一層多くのカラー強度を割り当てることのできる制御手段を含む。この制御手段の使用によって、カラー・バーにおける基線の位置が、当該速度表示カラーが割り当てられているフローに従って、実際には上方向または下方向に変えられる。

【0009】しかしながら、トランスデューサから離れる方向から近づく方向へまたはその反対方向の血液フローの転移が造影されるように超音波ビームの放射の方向が変更される時、カラー・バー上方部分のカラーが動脈のフローを表現するように切り替わり、以前に静脈のフローを表現していたカラーがカラー・バーの下方部分に表示される。加えて、基線がカラー・バーの中心から離れていれば、それぞれのフローを表示するカラー範囲が確保されるように基線を変更しなければならないが、それは行われない。ユーザが手操作でカラー・マップ機能を反転させ基線位置を調節する場合に限って、カラー・バーはその元々のカラー割当てを反転させる。結果として、ユーザは、フロー・カラー変更を認識する時、フロー・カラー表示の継続性を保つため、フロー・カラー・マッピングの変更の手段を使用することができるとに気づかなければならない。これは、超音波装置に関してその他の多くの制御手段が存在するので、システムの操作に一層の複雑性を付加することとなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従って、超音波カラー・フロー画像処理システムにおいて、トランスデューサに対するフローの反転にตอบสนองして、表示画面のカラー・マップ割り当ての反転およびカラー・バー基線の位置調整を自動的に実行する装置および方法が必要とされる。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の超音波画像処理システムは、超音波画像を表示する表示装置、および、トランスデューサの発信面から延びる中間方位角度に対して正と負のビーム角度の間で操縦可能な線形超音波ビームを照射するトランスデューサを含む。ユーザ入力制御手段が更に備えられ、トランスデューサに対して超音波ビーム放射の方向角度を変更させる操縦信号を提供す

る。該システムに備わるプロセッサが、トランスデューサへ近づく方向にあるフローの第1の属性を標示する画像およびトランスデューサから遠ざかる方向にあるフローの第2の属性を標示する画像を生成するように表示装置を制御する。また、該プロセッサは、中間方位角度の片側から他方の側へ超音波ビームを移動させる操縦信号にตอบสนองして、トランスデューサへ近づく方向にあるフローの画像に上記第2の属性を与え、トランスデューサから遠ざかる方向にあるフローの画像に上記第1の属性を与えてそれぞれ表示する。同様に、血液フローのカラー割り当ての変更に対応して、カラー・バーによって表示される属性も反転される。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、ドップラー超音波システムを示すブロック図である。図1の実施形態において、線形アレイ・トランスデューサ10は、入力制御信号に従って放射面14からの方向角度の変更を行うことができる複数の並列ビーム12を生成する。走査プロセッサ16は、例えば動脈20や静脈22における血液フローのドップラー像を作成することができるドップラー機能18を含む。

【0013】走査プロセッサ16は、キー・プロセッサ24からの入力にตอบสนองして、トランスデューサ10を制御して、ユーザによる操縦角度ノブ26の位置変更に対応して並列ビーム12の放射角度を変更させる。操縦角度ノブ26の動きによって、アナログ信号がアナログ・デジタル変換器28へ供給され、アナログ制御入力を表すデジタル値が出力される。キー・プロセッサ24は操縦角度入力を解釈して、制御信号を走査プロセッサ16へ送り、そこで並列ビーム12を相応に動かす量が決定される。次に、走査プロセッサ16はビーム12を新しい方向角度に曲げる信号をトランスデューサ10へ送る。

【0014】キー・プロセッサ24からの出力が、画像データを走査プロセッサ16から受け取る画像プロセッサ30にも送られる。画像プロセッサ30は、並列ビーム12の動きの量に従って、ビーム12によって造影される動脈/静脈のフローに割り当てられるカラー・マッピングを制御する手順を含む。画像プロセッサ30は、更に、基線ノブ32からの入力にตอบสนองして、表示装置34に表示されるカラー・バーにおける基線の位置を変更する。

【0015】図2は、動脈20および静脈22が画像表示領域36の範囲内で造影されている典型的な表示装置を示す。表示されているカラー・バー38は、トランスデューサ10方向へ向かうフロー速度に割り当てられたカラーを表現する上方部分40、およびトランスデューサ10から離れる方向へ向かうフロー速度に割り当てられたカラーを表現する下方部分42を含む。トランスデューサ10へ向かうまたはそこから離れるフローの最大

速度を表すカラーはカラー・バー38の最上部および最底部にそれぞれ位置づけられている。基線44が、カラー・バー38の2つのカラー区域を分離している。上述のように、部分40および42は、一方の部分がもう一方より多くのカラー階調従って一層広範囲のフロー速度を示すように、相対的に調節することができる。

【0016】超音波ビーム12が1つの方向に向けられている限り、すべてのドップラー・カラー・マッピングは整合性があり、変更の必要性はない。従って、超音波ビーム12が図1で示されている方向に向いている限り、静脈22の血液フローはトランスデューサ10方向のままであり、動脈20の血液フローはトランスデューサ10から離れる方向のままである。ユーザがRABTカラー・マップ機能を使うことを望むと仮定すれば、動脈20の動脈フローは赤とされ、静脈22のフローは青とされる(図3のa参照)。しかし、ビーム12が図1の矢印50が示す方向を指すように時計回りに方向を変え、今や動脈20の血液フローはトランスデューサ10に向かい静脈22の血液フローはトランスデューサ10から離れる方向に向かうことが観察される。従来技術においては、図3のbに示されるように(RABTである)カラー・マッピングは、静脈22の静脈フローを赤で、動脈20の動脈フローを青でそれぞれ表す。

【0017】カラー表示におけるこのような変更を避けるため、画像プロセッサは、図4に示される自動カラー・マップ変更手順を実施して、ビーム放射方向の変更に拘わらず、図3のaに示されるカラー・マッピング表示を維持する。

【0018】図4の手順は、トランスデューサ10の放射面から直角に延びる0方位角52に対してビーム12の方向が移動するか否かを判定する画像プロセッサ30に従う。従って、画像プロセッサ30は、操縦ノブ26からの入力条件を継続的に監視する(ステップ60)。操縦ノブ26が動かされたと判断すると、新しい操縦角度が0方位角52に対して大きいまたは小さいかを判定する(ステップ62)。新しい投射角度が方位角度0°より大きい場合、画像プロセッサ30は、次に現在時放射角度が0°以下であるかを判定して(ステップ64)、そうであれば、操縦角度が方位角度0°を通過したので、カラー・マッピング割り当ては反転される(ステップ66)。このような方法で、画像プロセッサ30は、フローの方向が変わったという事実に関係なく、動脈および静脈の血液フローが以前のカラー割り当てを使用して継続的に表示されることを保証する。

【0019】ステップ64に戻り、現在時放射角度が0°を越えていると判定されると、超音波ビームの動きは方位角度0°を通過しなかったことを意味するので、カラー・マッピング割り当てを変更する理由はない。次に手順はプロセス60に戻り、操縦ノブ26の次に動きを待つ。

【0020】ステップ62に戻って、新しい投射角度が方位角度0°以下であれば、画像プロセッサ30は現在時放射角度が0°を越えているかを判定して(ステップ68)、そうであればカラー・マッピング割り当てを反転させる(ステップ66)。そうでなければ、超音波ビームの動きは方位角度0°を通過しなかったことを意味するので、カラー・マッピング割り当ての反転を行わずに、ステップ60に戻る。

【0021】カラー・マップに関する判断が実行されると、画像プロセッサ30は、カラー・バー38の基線を移動させるべきか否かを判断する。上述のように、一般的に、カラー・バー38の上方部分はトランスデューサ10の方向へ向かっているフローに対するカラー割り当てを表現するカラーに割り当てられ、下方部分はトランスデューサ10のから離れるフローに対するカラー割り当てを表現するカラーに割り当てられる。従って、カラー・マップ割り当てが反転されれば、カラー・バー38に割り当てられていたカラー・マッピング(およびカラー階調)もまた反転される。基線44の新しい位置を決定するため、基線44がカラー・バー38の中心から外れているか否かが先ず判断される。基線44がカラー・バー38の中心より上方の位置にある(すなわちトランスデューサ10から離れるフローに対して比較的多数のカラー強度が割り当てられていた場合)、基線の新しい位置は、フロー新基線 = カラー・バー中心 - (フロー旧基線 - カラー・バー中心)という式によって定められる(ステップ72)。対照的に、基線44がカラー・バー38の中心より下方の位置にある場合、基線の新しい位置は、フロー新基線 = カラー・バー中心 + (カラー・バー中心 - フロー旧基線)という式によって定められる(ステップ74)。このようにして、フロー基線44の新しい位置は、ユーザの修正を必要とすることなく自動的に定められる。

【0022】要約すれば、本発明は、中間方位角度を通過するビーム方向の変更に対応したカラー・マップ割り当ての自動的変更を可能にする。このため、ユーザは、トランスデューサ10に対するフロー方向に関係することなく、静脈および動脈のフローに対する同一のカラー・マップを継続的に観察することができる。

【0023】上述の本発明の実施形態が、例示の目的のためにのみ提示された点は理解されるべきである。本発明の範囲から逸脱することなく、当業者によって本発明に対する種々の変更を実施することは可能である。例えば、ドップラーに基づく超音波画像処理システムがフローおよび速度の表示を可能にするものとして記述されたが、フロー速度を測定することができるその他の画像処理方式もまた本発明の範囲内に含まれる。更に、トランスデューサ・アレイは平面装置として記述されたが、その他の形状のトランスデューサ・アレイも、操縦可能なビーム・パターンを表現する限り、同等に使用すること

が可能である。

【0024】本発明には、例として次のような実施様態が含まれる。

(1) 超音波画像を表示する表示手段と、放射面から延びる中間方位角度に対して正と負の放射角度の間で操縦可能な超音波ビームを放射するトランスデューサ手段と、上記トランスデューサ手段に対して上記超音波の放射角度を変更させる操縦信号を与えるユーザ入力手段と、上記表示手段を制御して、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに第1の属性を与えてその画像を表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第2の属性を与えてその画像を表示させるプロセッサ手段と、を備え、上記プロセッサ手段が、上記操縦信号にตอบสนองして、上記超音波ビームを上記中間方位角度の片側から上記中間方位角度の別の側へ移動させ、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに上記第2の属性を与えてその画像を自動的に表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第1の属性を与えてその画像を自動的に表示させる、超音波画像処理システム。

(2) 上記プロセッサ手段が、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに割り当てられた第1の複数の属性と上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに割り当てられた第2の複数の属性を分離する基線を持つカラー・バーを上記表示手段に表示させ、上記超音波ビームを上記中間方位角度の片側から上記中間方位角度の別の側へ移動させる操縦信号の入力にตอบสนองして、上記カラー・バー上に表示されている上記第1の複数の属性および上記第2の複数の属性の位置を反転させる、上記(1)に記載の超音波画像処理システム。

(3) 上記第1の属性が第1のカラー・グループであり、上記第2の属性が第2のカラー・グループである、上記(1)に記載の超音波画像処理システム。

(4) 上記トランスデューサ手段が放射面を含み、上記中間方位角度が上記放射面に対して直角である、上記(3)に記載の超音波画像処理システム。

(5) 上記カラー・バーが、その一方の端部において、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローの速度の最大平均値を表すように割り当てられた第1のカラーを含み、その反対側の端部において、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローの速度の最大平均値を表すように割り当てられた第2のカラーを含み、上記第1のカラーおよび第2のカラーそれぞれと上記基線の間に上記第1と第2のカラーの中間強度を含む、上記(2)に記載の超音波画像処理システム。

【0025】(6) 表示手段上に超音波画像を表示するステップと、トランスデューサ手段の放射面から延びる中間方位角度に対して正と負の放射角度の間で操縦可能な超音波ビームを放射するステップと、上記トランスデューサ手段に対して上記超音波の放射角度を変更させる

操縦信号を与えるステップと、上記表示手段を制御し

て、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに第1の属性を与えてその画像を表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第2の属性を与えてその画像を表示させるステップと、上記操縦信号にตอบสนองして、上記超音波ビームを上記中間方位角度の片側から上記中間方位角度の別の側へ移動させ、上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに上記第2の属性を与えてその画像を自動的に表示させ、上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに第1の属性を与えてその画像を自動的に表示させるステップと、を含む超音波画像処理方法。

(7) 上記トランスデューサ手段へ近づく方向にあるフローに割り当てられた第1の複数の属性と上記トランスデューサ手段から離れる方向にあるフローに割り当てられた第2の複数の属性を分離する基線を持つカラー・バーを上記表示手段に表示させるステップと、上記超音波ビームを上記中間方位角度の片側から上記中間方位角度の別の側へ移動させる操縦信号の入力にตอบสนองして、上記カラー・バー上に表示されている上記第1の複数の属性および上記第2の複数の属性の位置を反転させるステップと、を更に含む上記(6)に記載の超音波画像処理方法。

【0026】

【発明の効果】本発明によって、超音波画像処理システムにおいて、中間方位角度を通過するビーム方向の変更に対応したカラー・マップ割り当ての自動的変更が可能にされ、これによって、例えば医療用超音波画像処理システムにおいて静脈および動脈に対応したカラーについて、トランスデューサに対するフロー方向に関係することなく、医師その他のユーザが常に同じカラーを見ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施する超音波システムのブロック図である。

【図2】カラー・バーと共に、一対の血管の超音波画像を表示する表示画面の一例を示す概略図である。

【図3】図1の超音波システムの操作から発生する2つのカラー・マッピングを示す概略図である。

【図4】図1の超音波システムを操作する手順を示す流れ図である。

【符号の説明】

- 10 線形アレイ・トランスデューサ
- 12 並列ビーム
- 14 放射面
- 16 走査プロセッサ
- 18 ドップラー機能
- 20 動脈
- 22 静脈
- 24 キー・プロセッサ

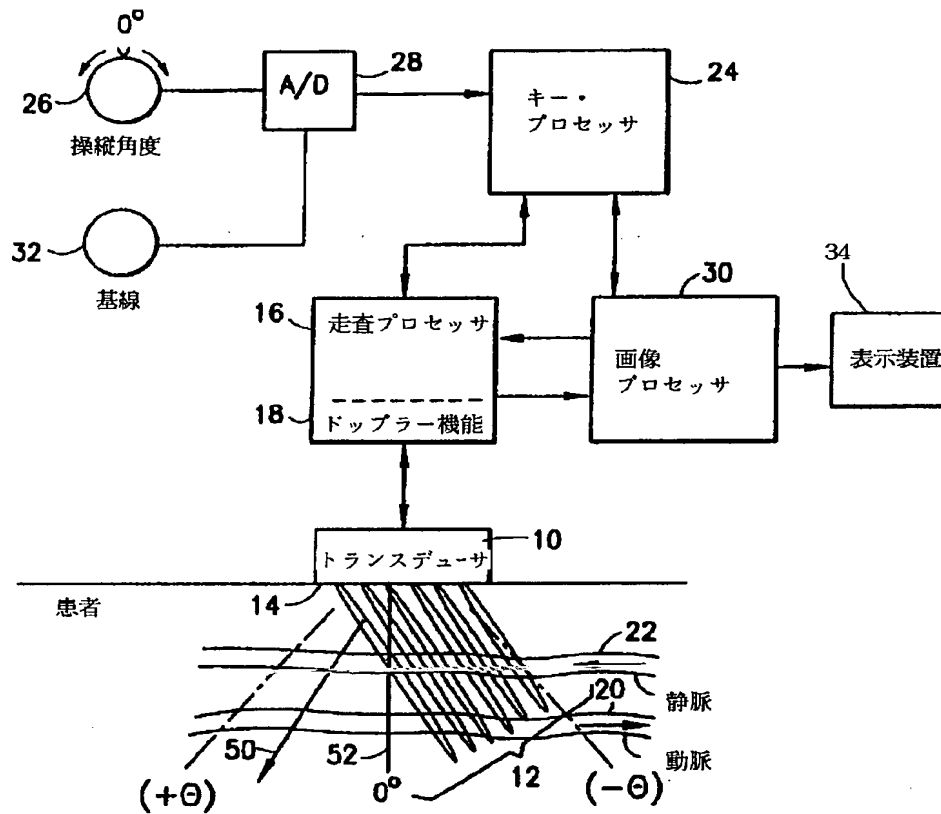
(6)

特開平9-182751

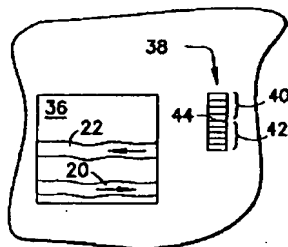
26 操縦角度ノブ
 28 アナログ・デジタル変換器
 30 画像プロセッサ
 32 基線ノブ
 34 表示装置
 36 画像表示領域

38 カラー・バー
 40 カラー・バー上方部分
 42 カラー・バー下方部分
 44 基線
 52 中間方位角度

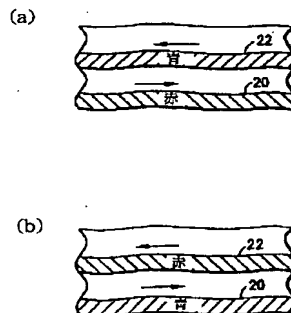
【図1】



【図2】



【図3】



(7)

特開平9-182751

【図4】

